

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-163717

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/39  
H01F 10/32  
H01L 43/08

(21)Application number : 10-332226

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 24.11.1998

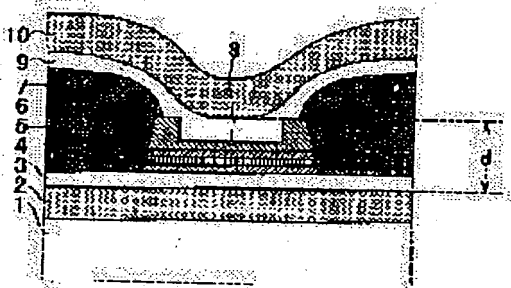
(72)Inventor : KISHI HITOSHI  
SHIMIZU YUTAKA  
NAGASAKA KEIICHI  
TANAKA ATSUSHI

## (54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a lead gap narrower in a magnetoresistance effect element without deteriorating the characteristics of the element.

SOLUTION: The magnetoresistance effect element has a magnetoresistance effect film 4-7 patterned in an arbitrary shape including at least one antiferromagnetic substance layer 7 and magnetic shielding layers 2, 10 disposed on the upper and lower sides of the magnetoresistance effect film 4-7 by way of lead gap layers 3, 9, respectively. The antiferromagnetic substance layer 7 has a part 8 having a smaller thickness than other parts.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] the magnetoresistance-effect element which consists of a magnetoresistance-effect film by which has at least one-layer antiferromagnetic substance layer, and patterning was carried out to arbitrary configurations, and a magnetic-shielding layer prepared in the upper and lower sides of the aforementioned magnetoresistance-effect film through the lead gap layer — setting — the above — the magnetoresistance-effect element characterized by preparing the closing-in section to which thickness differs from other portions in a part of one-layer antiferromagnetic substance layer even if few

[Claim 2] The magnetoresistance-effect element according to claim 1 characterized by preparing the above-mentioned closing-in section in the portion which participates in signal reading of a magnetoresistance-effect element.

[Claim 3] The magnetoresistance-effect element according to claim 2 characterized by the above-mentioned magnetoresistance-effect film having structure to which the laminating of the free layer which consists of a magnetic film of one or more layers, a non-magnetic layer, the pinned layer which consists of a magnetic film of one or more layers, and the antiferromagnetic substance layer was carried out one by one.

[Claim 4] The magnetoresistance-effect element according to claim 2 characterized by the above-mentioned magnetoresistance-effect film having structure to which the laminating of an antiferromagnetic substance layer, the pinned layer which consists of a magnetic film of one or more layers, a non-magnetic layer, the free layer which it becomes from the magnetic film of one or more layers, a non-magnetic layer, the pinned layer which consists of a magnetic film of one or more layers, and the antiferromagnetic substance layer was carried out one by one.

---

[Translation done.]

---



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the magnetoresistance-effect element which has the feature in the structure for the lamination of the spin bulb film especially used for the read head of magnetic recording media, such as a hard disk drive (HDD), about a magnetoresistance-effect element.

[0002]

[Description of the Prior Art] In connection with the rise of the need of the miniaturization of a hard disk drive unit in recent years and large-capacity-izing, high-sensitivity-izing and detailed-ization are called for also from the read head element which research and development of the hard disk drive unit in which high-density magnetic recording is possible are furthered quickly, therefore constitutes a magnetic recording medium, and the magnetometric sensor which used the huge magnetic-reluctance (GMR) effect that a big output was obtained by the low magnetic field is developed in the point of high-sensitivity-izing.

[0003] For example, although "the magnetic-reluctance sensor (refer to JP,4-358310,A) of the spin bulb effect use" is proposed by IBM This magnetometric sensor is equipped with two ferromagnetic layers which was separated by the non-magnetic metal layer and which have not been combined. In the point that have a sandwich structure which adheres the antiferromagnetic substance layer represented with FeMn to one ferromagnetic layer and by which the magnetization M of a ferromagnetic layer is being fixed to it, and the high magnetoresistance effect is acquired to the minute magnetic field from a record medium it is markedly alike, a conventional inductive head or the conventional AMR (Anisotropy Magneto-Resistivity) film is excelled, and it is used as a high sensitivity read head element

[0004] In this magnetometric sensor, if shell external magnetic fields, such as a magnetic-recording medium, are impressed, since the magnetization direction of the ferromagnetic layer of another side where magnetization is not being fixed, i.e., a free (free) layer, will rotate freely in accordance with an external magnetic field, the magnetization direction and angle difference of the ferromagnetic layer to which magnetization was fixed, i.e., a PINDO (pinned) layer, will be produced.

[0005] Since dispersion for which it depended on the spin of conduction electron depending on this angle difference changes and an electric resistance value changes By detecting this electric resistance value change as a voltage value change by passing the sense current of a constant current, the signal magnetic field from the situation, i.e., the magnetic-recording medium, of an external magnetic field is acquired, and the magnetic-reluctance rate of change of this spin bulb magnetic-reluctance sensor becomes about about 5%.

[0006] "The double spin bulb magnetic-reluctance sensor (refer to JP,6-223336,A)" is proposed by IBM the same [ for raising the efficiency of such a spin bulb magnetic-reluctance sensor ], and this dual (double) spin bulb magnetic-reluctance sensor carried out the laminating of the spin bulb structure symmetrically the center [ a free layer ], and has obtained a twice [ about ] as many magnetic-reluctance change as this by this composition.

[0007] Since the fixed field system which turns into a vice-magnetic field to every up-and-down pinned layer can be given unlike FeMn which is the conventional irregular alloy type when the Pd-Pt-Mn alloy which is an ordered-alloy type as an antiferromagnetic substance layer of such a dual spin bulb magnetic-reluctance sensor is used especially (see Japanese Patent Application No. No. 257068 [ eight to ] if required), a reliable dual structure spin bulb magnetic-reluctance sensor can be formed easily. That is, conventionally, in FeMn used as an antiferromagnetic substance layer, since it became the antiferromagnetic substance only when it deposited on the film of fcc (face-centered cubic) structure, there was a problem that it could not use as an up pinned layer of a dual spin bulb magnetic-reluctance sensor.

[0008] Here, with reference to drawing 7, a conventional spin bulb element and a conventional dual spin bulb element are explained briefly.

Drawing 7 (a) reference drawing 7 (a) is the rough important section cross section of the conventional spin bulb element. First, it is aluminum 203 on the aluminum2 O3-TiC substrate 41 used as the parent of a slider. The lower shield layer 43 which consists of a NiFe alloy etc. through a film 42 is formed. subsequently aluminum 203 etc. — the pinned layer 47 which consists of a Cu interlayer 46 who is the free layer 45 and non-magnetic layer which consist of ferromagnetic layers, such as a laminated structure of NiFe and CoFe, CoFe, etc. after forming the lower lead gap layer 44 — and The spin bulb film which is made to carry out the laminating of the antiferromagnetic substance layer 48 which consists of PdPtMn etc., and serves as a magnetoresistance-effect element is formed.

[0009] subsequently, after carrying out patterning of the magnetoresistance-effect element to a predetermined configuration, the electric conduction film which consists of W or Au is deposited on the ends of a magnetoresistance-effect element — making — the lead electrode 49 — carrying out — subsequently — again — aluminum 203 etc. — from — the basic structure of a spin bulb element is completed by forming the up shield layer 51 which consists of a NiFe alloy etc. through th becoming up lead gap layer 50 In addition, the basic structure of a magnetoresistance-effect element is formed by heat-treating, where the 1st magnetic field and the 2nd magnetic field which intersects perpendicularly are impressed in a vacuum, after making the free layer 45 or the antiferromagnetic substance layer 48 deposit one by one, and determining the magnetization direction of the antiferromagnetic substance layer 48; where the 1st magnetic field is impressed in this case. [0010] The lead gap in this spin bulb element serves as an interval which summed up the thickness of the lower lead gap layer 43, the free layer 45 or the antiferromagnetic substance layer 48, and the up lead gap layer 49.

[0011] Drawing 7 (b) reference drawing 7 (b) is the rough important section cross section of the conventional dual spin bulb element. First, it is aluminum 203 on the aluminum2 O3-TiC substrate 41 used as the parent of a slider. The lower





shield layer 43 which consists of a NiFe alloy etc. through a film 42 is formed. subsequently aluminum 2O3 etc. — from, after forming the becoming lower lead gap layer 44 the pinned layer 47 which consists of the free layers 45, such as a laminated structure of the pinned layer 53 which consists of antiferromagnetic substance layers 52, such as PdPtMn, CoF, etc., the Cu interlayer 54, NiFe, and CoFe, a Cu interlayer 46, CoF, etc. — and The dual spin bulb film which is made to carry out the laminating of the antiferromagnetic substance layer 48 which consists of PdPtMn etc., and serves as a magnetoresistance-effect element is formed.

[0012] subsequently, after carrying out patterning of the magnetoresistance-effect element to a predetermined configuration, the electric conduction film which consists of W or Au is deposited on the ends of a magnetoresistance-effect element — making — the lead electrode 49 — carrying out — subsequently — again — aluminum 2O3 etc. — from — by forming the up shield layer 51 which consists of a NiFe alloy etc. through the becoming up lead gap layer 50, the basic structure of a dual spin bulb element is completed. In addition, the basic structure of a magnetoresistance-effect element is formed by heat-treating, where the 1st magnetic field and the 2nd magnetic field which intersects perpendicularly are impressed in a vacuum, after making the antiferromagnetic substance layer 52 or the antiferromagnetic substance layer 48 deposit one by one, and determining the magnetization direction of the antiferromagnetic substance layers 48 and 52, where the 1st magnetic field is impressed also in this case.

[0013] The lead gap in this dual spin bulb element serves as an interval which summed up the thickness of the lower lead gap layer 43, the antiferromagnetic substance layer 52 or the antiferromagnetic substance layer 48, and the up lead gap layer 49.

[0014] In such a spin bulb element, the magnetization direction of pinned layers 47 and 53 is fixed in the magnetization direction of the antiferromagnetic substance layers 48 and 52, respectively, on the other hand, the magnetization direction of the free layer 45 turns into a direction which intersected perpendicularly with the magnetization direction of pinned layers 47 and 53 mostly, and an external impression magnetic field, i.e., the magnetic field which leaked and came out of the magnetic-recording medium, is measured by passing sense current among one pair of lead electrodes 49.

[0015] Since the storage capacity of the magnetic-recording disk for computers in recent years is becoming very important [ narrow-gap-izing of the lead gap which determines the bit length of a reading signal with the appropriate thing of the ultra-fine processing technology of the magnetoresistance-effect element width of face used as the lead width of recording track ] in order to obtain sufficient signal regeneration output from the record bit which densification is progressing at an annual 1.6 time speed, and turned minutely by such densification, this situation is explained with reference to drawing 8.

[0016] The interval  $d$  of the magnetic-shielding layer of the upper and lower sides of as opposed to the magnetic-recording medium 56 in drawing 8 reference drawing 8. That is, the magnetoresistance-effect element 55 which is explanatory drawing of the relation between a lead gap and recording density, and was pinched by the lower shield layer 43 and the up shield layer 49 is the bit length  $L_b$  recorded on the magnetic-recording medium 56 which counters. Although the record bit 57 will be read one by one the lead gap  $d$  — bit length  $L_b$  of the record bit 57 the influence of the magnetic field of the record bit 57 adjoined other than record bit 57 for reading if it receives and becomes large too much — receiving — a position, since resolution falls. The lead gap  $d$  is bit length  $L_b$  so that the magnetic field of the record bit 57 adjoined other than record bit 57 for reading may be absorbed by the lower shield layer 43 and the up shield layer 49. It is adjusted to  $d \leq 2L_b$  so that it may become below double precision.

[0017] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with progress of multimedia-izing in recent years, the further densification of a magnetic disk unit is demanded, and it follows on densification, and is the bit length  $L_b$  of the record bit 57. When it turns minutely further, it is necessary to make the lead gap  $d$  still narrower, and for that to thin-layer-ize the lower lead gap layer 43 and the up lead gap 49, or to thin-layer-ize magnetoresistance-effect element 55 the very thing.

[0018] However, when lamination of the lower lead gap layer 43 and the up lead gap 49 is carried out, the isolation voltage of a lead gap layer poses a problem, and there is a limitation in thin film-ization of a lead gap layer.

[0019] On the other hand, although thin-film-izing of the antiferromagnetic substance layers 48 and 52 with the thickest relative thickness is the most effective when carrying out lamination of the magnetoresistance-effect element 55, if thickness of the antiferromagnetic substance layers 48 and 52 is made thin, the fixed force of the magnetization direction of pinned layers 47 and 53 will become weak, and degradation of an element property, especially the fall of magnetic field detection sensitivity will pose a problem.

[0020] Therefore, this invention aims at narrow-gap-izing a lead gap, without degrading an element property.

[0021]

[Means for Solving the Problem] Drawing 1 is explanatory drawing of the theoretic composition of this invention, and explains the The means for solving a technical problem in this invention with reference to this drawing 1. In addition, drawing 1 is the rough important section cross section of a spin bulb element.

The drawing 1 reference (1) this invention has at least one-layer antiferromagnetic substance layer 7. In the magnetoresistance-effect element which consists of magnetoresistance-effect films 4-7 by which patterning was carried out to arbitrary configurations, and magnetic-shielding layers 2 and 10 prepared in the upper and lower sides of the magnetoresistance-effect films 4-7 through the lead gap layers 3 and 9. It is characterized by forming the closing-in section 8 in which thickness differs from other portions in a part of at least one-layer antiferromagnetic substance layer 7.

[0022] Thus, thickness of the antiferromagnetic substance layer 7 can be made thin in efficiency, without reducing the fixed magnetism to a pinned layer 6 by forming the closing-in section 8 to which thickness differs from other portions in a part of at least one-layer antiferromagnetic substance layer 7.

[0023] (2) Moreover, this invention is characterized by the closing-in section 8 participating in the portion which participates in signal reading of a magnetoresistance-effect element in the above (1).

[0024] Thus, the reading sensitivity from the magnetic-recording medium in which could narrow the lead gap  $d$  and high-density record was carried out by it can be improved, without reducing the fixed magnetism to a pinned layer 6 by forming the closing-in section 8 in the portion which participates in signal reading of a magnetoresistance-effect element.

[0025] (3) Moreover, this invention is characterized by the magnetoresistance-effect films 4-7 having structure to which the laminating of the pinned layer 6 which consists of a magnetic film of the free layer 4 which consists of a



magnetic film of one or more layers, and 5 or 1 or more layers of non-magnetic layers, and the antiferromagnetic substance layer 7 was carried out one by one in the above (2).

[0026] The above-mentioned composition of (2) can improve the reading sensitivity of a single spin bulb element by applying to the single spin bulb element which the magnetoresistance-effect films 4-7 become from the structure to which the laminating of the pinned layer 6 which consists of a magnetic film of the free layer 4 which consists of a magnetic film of one or more layers, and 5 or 1 or more layers of non-magnetic layers, and the antiferromagnetic substance layer 7 was carried out one by one. In addition, the antiferromagnetic substance layer 7 may be formed in a substrate 1 side, or is good also as the topmost part of the magnetoresistance-effect films 4-7.

[0027] (4) Moreover, this invention is characterized by the magnetoresistance-effect film having structure to which the laminating of the pinned layer 6 which consists of a magnetic film of an antiferromagnetic substance layer, the pinned layer which consists of a magnetic film of one or more layers, a non-magnetic layer, the free layer 4 which it becomes from the magnetic film of one or more layers, and 5 or 1 or more layers of non-magnetic layers, and the antiferromagnetic substance layer 7 was carried out one by one in the above (2).

[0028] The above-mentioned composition of (2) can improve the reading sensitivity of a dual spin bulb element by applying to the dual spin bulb element which a magnetoresistance-effect film becomes from the structure to which the laminating of the pinned layer 6 which consists of a magnetic film of an antiferromagnetic substance layer, the pinned layer which consists of a magnetic film of one or more layers, a non-magnetic layer, the free layer 4 which it becomes from the magnetic film of one or more layers, and 5 or 1 or more layers of non-magnetic layers, and the antiferromagnetic substance layer 7 was carried out one by one. In addition, when what is necessary is just to form the closing-in section 8 in either [ at least ] the antiferromagnetic substance layer by the side of a substrate 1, or the antiferromagnetic substance layer 7 of the topmost part of a magnetoresistance-effect film and it prepares in both, the effect of the formation of a \*\* lead gap serves as the maximum.

[0029]

[Embodiments of the Invention] Here, with reference to drawing 2 and drawing 3, the manufacturing process of the spin bulb element of the gestalt of operation of the 1st of this invention is explained.

Drawing 2 (a) It is aluminum 2O3 with a thickness of 2 micrometers about the sputtering method on the aluminum2 O3-TiC substrate 11 first 3 \*\*. Impressing the magnetic field of 100Oe using selection electrolysis plating, after making a film 12 deposit Thickness forms a 3-micrometer NiFe film, and considers as the lower shield layer 13, subsequently the sputtering method is used, and thickness is 500A ( $\approx 50\text{nm}$ ) aluminum 2O3. A film is made to deposit and it considers as the lower lead gap layer 14.

[0030] Subsequently, the sputtering method is used as a spin bulb film, impressing the magnetic field of 300Oe. The thickness it is thin in a ground layer For example, after forming the 50A Ta film 15, Thickness for example, the 40A NiFe free layer 16 and thickness For example, the 25ACoFe free layer 17 and thickness act as the 25A Cu interlayer 18, and thickness acts the laminating of the 25A CoFe pinned layer 19 and the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 whose thickness is 100-300A, for example, 250A, one by one. In addition, composition of NiFe in this case is nickel81Fe19, and composition of CoFe is Co90Fe10, and composition of PdPtMn is Pd31Pt17Mn52.

[0031] Subsequently, it considers as the direction of the direct-current magnetic field which impressed the magnetization direction of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 by performing heat treatment of 1 - 3 hours at 230 degrees C in a vacuum, impressing the direct-current magnetic field of 100 kA/m of the direction which intersects perpendicularly with the magnetic field impressed at the time of membrane formation, since the magnetization direction of the CoFe pinned layer 19 is fixed. In addition, the CoFe free layer 17 used as a barrier layer is formed among both, and the free layer is made into two-layer structure so that the counter diffusion between Cu(s) and the NiFe free layers 16 which constitute the Cu interlayer 18 in a 230-degree C heat treatment process in this case may not arise.

[0032] Drawing 2 (b) 3 \*\*, subsequently, by giving ion milling using Ar ion by using the resist pattern 21 as a mask, it \*\*\*\*\*s so that it may leave only 20-100A only of 50A only of portions used as the reading field of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20, for example, and thickness forms the 50A thin layer-sized section 22.

[0033] Drawing 3 (c) 3 \*\*, subsequently, after removing the resist pattern 21, it operates orthopedically in an element configuration by carrying out selective etching of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 or the Ta film 15 by giving ion milling using Ar ion by using as a mask the resist pattern 23 formed by newly applying and carrying out patterning of the photoresist.

[0034] Drawing 3 (d) After removing the resist pattern 23, subsequently thickness by the lift-off method using the resist pattern (not shown) 3 \*\* for example, by depositing 1200A W film One pair of lead electrodes 24 are formed, and, subsequently thickness is 500A aluminum 2O3 by the sputtering method again. A film is made to deposit and it considers as the up lead gap layer 25. subsequently When thickness forms a 3.8-micrometer NiFe film and considers as the up shield layer 26 with selection electrolysis plating, the basic composition of a single spin bulb element is completed.

[0035] The lead gap d in this case serves as an interval between the lower shield layers 13 and the up shield layers 26 in the position in which the lamination section 22 was formed, and it follows.  $d = 500 + 50 + 40 + 25 + 25 + 25 + 50 + 500 = 1215$  (A)

Compared with 1415A when not forming a next door and the lamination section 22, about about 15% of narrow gap-ization is attained.

[0036] Thus, when the lamination section 22 is formed in the reading field of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20, Although the direct magnetization direction fixed force of the field corresponding to the lamination section 22 of the CoFe pinned layer 19 becomes weaker Since the magnetization direction fixed force of the center section of the CoFe pinned layer 19 is also compensated according to the magnetization direction fixed force of acting on the ends of the CoFe pinned layer 19 by which bias was carried out to reading in the ends of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 which has sufficient thickness which does not involve, a property does not deteriorate.

[0037] Next, with reference to drawing 4 and drawing 5, the manufacturing process of the dual spin bulb element of the form of operation of the 2nd of this invention is explained.

Drawing 4 (a) It is aluminum 2O3 with a thickness of 2 micrometers about the sputtering method on the aluminum2 O3-TiC substrate 11 first 3 \*\*. Impressing the magnetic field of 100Oe using selection electrolysis plating, after making a film 12 deposit Thickness impressing the magnetic field of 100Oe again using selection electrolysis plating which used the resist pattern 27 as the mask, after thickness forms a 3-micrometer NiFe film and considers as the lower shield layer 13 by for example, 200A width of face is 0.5 micrometers — it heaps up NiFe and the section 28 is formed



- [0038] Drawing 4 (b) 3 \*\*, subsequently, after removing the resist pattern 27, the sputtering method is used, and thickness is 500A aluminum 203. A film is made to deposit and it considers as the lower lead gap layer 14. subsequently impressing the magnetic field of 300e, after forming the resist pattern 29, using the sputtering method, a 200A PdPtMn film is made to deposit and thickness forms the PdPtMn thick section 30 which heaps up NiFe and embeds the level difference by the section 28.
- [0039] Drawing 4 (c) subsequently by removing the resist pattern 29 3 \*\*. After also removing simultaneously the PdPtMn film (not shown) deposited on the resist pattern 29. The sputtering method is used again, impressing the magnetic field of 300e. thickness The 50A PdPtMn thin film section 31 and thickness for example, for example, the 25A CoFe pinned layer 32 and thickness The 25A Cu interlayer 33 and thickness for example, for example, the free layer 34 of a three-tiered structure which consists of a 25A CoFe film / a 20A NiFe film / 25A CoFe and thickness For example, the 25A Cu interlayer 18 and thickness of the 25A CoFe pinned layer 19 and the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 whose thickness is 100-300A, for example, 250A, one by one. In addition, composition of NiFe is nickel81Fe19 also in this case, and composition of CoFe is Co90Fe10, and composition of PdPtMn is Pd31Pt17Mn52.
- [0040] Subsequently, it considers as the direction of the direct-current magnetic field which impressed the magnetization direction of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20, the PdPtMn thick section 30, and the PdPtMn thin film section 31 by performing heat treatment of 1 - 3 hours at 230 degrees C in a vacuum, impressing the direct-current magnetic field of 100 kA/m of the direction which intersects perpendicularly with the magnetic field impressed at the time of membrane formation, since the magnetization direction of the CoFe pinned layers 19 and 32 is fixed. In addition, the CoFe film used as a barrier layer is prepared between the Cu interlayers 18 and 33 and a NiFe film, and the free layer 34 is made into the three-tiered structure so that the counter diffusion between Cu which constitutes the Cu interlayers 18 and 33 in a 230-degree C heat treatment process also in this case, and NiFe which constitutes the free layer 34 may not arise.
- [0041] Subsequently 3 \*\* by giving ion milling using Ar ion by using a resist pattern (not shown) as a mask like the process after drawing 5 (d) drawing 2 in the form of the 1st operation of the above (b) It \*\*\*\*\*s so that it may leave only 20-100A only of 50A only of portions used as the reading field of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20, for example, and thickness forms the 50A thin layer-sized section 22.
- [0042] Subsequently, after removing a resist pattern, it operates orthopedically in an element configuration by carrying out selective etching of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 or the PdPtMn thick section 30 by giving ion milling using Ar ion by using as a mask the resist pattern (not shown) formed by newly applying and carrying out patterning of the photoresist.
- [0043] After removing a resist pattern, thickness forms one pair of lead electrodes 24 by depositing 1200A W film by the lift-off method using the resist pattern (not shown) again. subsequently, subsequently Again, thickness is 500A aluminum 203 by the sputtering method. A film is made to deposit and it considers as the up lead gap layer 25. subsequently When thickness forms a 3.8-micrometer NiFe film and considers as the up shield layer 26 with selection electrolysis plating, the basic composition of a dual spin bulb element is completed.
- [0044] The lead gap d in this case serves as an interval between the thin layer-sized section 22, and the lower shield layer 13 and the up shield layer 26 in the position in which it heaped up NiFe and the section 28 was formed. Therefore, it becomes  $d=500+50+25+25+25+20+25+25+25+50+500=1270(A)$ , and about about 24% of narrow gap-ization is attained compared with the thin layer-sized section 22 and 1670A when heaping up NiFe and not forming the section 28.
- [0045] When the thin layer-sized section 22 is formed in the reading field of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 also in this case, Although the direct magnetization direction fixed force of the field corresponding to the thin layer-sized section 22 of the CoFe pinned layer 19 becomes weaker The magnetization direction fixed force of the center section of the CoFe pinned layer 19 is also compensated according to the magnetization direction fixed force of acting on the ends of the CoFe pinned layer 19 by which bias was carried out to reading in the ends of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer 20 which has sufficient thickness which does not involve, and the CoFe pinned layer 32 is also received. Since the magnetization direction fixed force of the center section of the CoFe pinned layer 32 is also compensated according to the magnetization direction fixed force of acting on the ends of the CoFe pinned layer 32 as for which bias was carried out to reading by the PdPtMn thick section 30 which has sufficient thickness which does not involve, a property does not deteriorate.
- [0046] next, drawing 6 -- referring to -- the modification of the form of the 1st and operation of the 2nd of this invention -- explaining.
- As drawing 6 (a) reference drawing 6 (a) is the modification of the form of operation of the 1st of this invention and it is shown in drawing In order to prepare the closing-in section to the spin bulb which prepared the antiferromagnetic substance layer in the substrate side and to form such structure The effect of the formation of a \*\* lead gap in drawing 3 (a) in the form of the 2nd operation of the above - drawing 3 (b) which heaps up, should just use the formation process of the section 28 and the PdPtMn thick section 30 as it is, and is obtained NiFe is the same as the form of the 1st operation of the above.
- [0047] Although a manufacturing process is complicated rather than the gestalt of the 1st operation in the case of the modification of the gestalt of this 1st operation, since flattening of the front face can be carried out, when the inductive head which uses the up shield layer 26 as a lower magnetic pole layer is formed on the up shield layer 26 and it constitutes the compound-die magnetic head, patterning of an inductive head can be performed with a sufficient precision.
- [0048] As drawing 6 (b) reference drawing 6 (b) is the modification of the form of operation of the 2nd of this invention and it is shown in drawing, as for the process after the deposition process of the CoFe pinned layer 32 after making the 250A PdPtMn antiferromagnetic substance layer 35 deposit, thickness should just mak it be complet ly the same as that of the form of the above-mentioned operation of th 2nd on th low r lead gap layer 14 NiF , without heaping up and forming the section 28.
- [0049] Although a manufacturing process simplifies rather than the form of th 2nd op ration in the case of the modification of the form of this 2nd operation, the effect of the formation of a \*\* lead gap serves as half [ of the form of the 2nd op ration ].
- [0050] In addition, although illustration is omitted In preparing the closing-in section only in on side of the PdPtMn antiferromagnetic substance layer which constitutes a dual spin bulb lement In the case of drawing 6 (b), it is what may be prepar d in the PdPtMn antiferromagnetic substance layer prepared in th substrat side on the contrary, in that case What is necessary is just to form the lead electród 24, th up lead gap layer 25, and the up shield layer 26,



without forming the thin layer-ized section 22, after forming similarly to the process of above-mentioned drawing 4 (c).  
[0051] As mentioned above, although the form of each operation of this invention has been explained, this invention is not restricted to the composition indicated in the form of each operation, and various kinds of change is possible for it. For example, in explanation of the form of each above-mentioned operation, although PdPtMn which is Mn system ordered-alloy type antiferromagnetism material as an antiferromagnetic substance layer is used IrMn which does not need to be Mn system order d-alloy type antiferromagnetism material, for example, is Mn system irregular alloy type antiferromagnetism material may not necessarily be used, and it is necessary to take the crystal structure of a ground layer into consideration so that IrMn deposited in that case may have an antiferromagnetism property.

[0052] Moreover, what is necessary is not to be restricted to such a composition ratio and just to choose a composition ratio suitably as NiFe, CoFe, and PdPtMn, in the form of each above-mentioned operation, according to magnetic properties, a working characteristic, etc. to need, respectively, although nickel81Fe19, Co90Fe10, and Pd31Pt17Mn52 are used.

[0053] Moreover, in explanation of the form of each operation of the above-mentioned this invention, although the aluminum2 O3-TiC substrate is used as a substrate It is SiO2 to a front face. You may use the ferromagnetic and the antiferromagnetic substance which may use substrates, such as Si substrate in which the film was formed, or a glass substrate, and are used for usual [ except having indicated in the form of operation also as a ferromagnetic and the antiferromagnetic substance and ].

[0054] Moreover, in explanation of the form of the 2nd operation of the above, NiFe, although selection electrolysis plating is used in case it heaps up and the section 28 is formed, it is not restricted to selection electrolysis plating and the convex structure may be formed by \*\*\*\*\*ing the circumference by the ion milling using Ar ion, using a resist pattern as a mask for the lower shield layer made to deposit more thickly.

[0055] Moreover, in explanation of the form of the 2nd operation of the above, although the PdPtMn thick section 30 is formed by the lift-off method Not the thing restricted to the lift-off method but a PdPtMn film is thickly formed so that a front face may become abbreviation flatness. You may form by performing etchback or CMP (Chemical Mechanical Polishing) processing, further Etchback or a CMP process is stopped on the way, and you may make it the PdPtMn thin film section whose thickness is about 50A remain.

[0056]

[Effect of the Invention] the position of the MR head [ it ] can narrow an efficiency lead gap, without deteriorating magnetic properties, since thickness of the portion corresponding to the reading field of the antiferromagnetic substance layer which constitutes a spin bulb film is made thin compared with other portions according to this invention, and using the magnetoresistance-effect element -- the place which can improve resolution, as a result contributes to the spread of the HDD equipment of high recording density is large

---

[Translation done.]





\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is explanatory drawing of the theoretic composition of this invention.

[Drawing 2] It is explanatory drawing of the manufacturing process to the middle of the spin bulb element of the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 3] It is explanatory drawing of the manufacturing process after drawing 2 of the spin bulb element of the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 4] It is explanatory drawing of the manufacturing process to the middle of the dual spin bulb element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 5] It is explanatory drawing of the manufacturing process after drawing 4 of the dual spin bulb element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is explanatory drawing of the modification of the gestalt of the 1st and operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 7] It is explanatory drawing of the conventional spin bulb element.

[Drawing 8] It is explanatory drawing of the relation between a lead gap and recording density.

[Description of Notations]

- 1 Substrate
- 2 Magnetic-Shielding Layer
- 3 Lead Gap Layer
- 4 Free Layer
- 5 Non-magnetic Layer
- 6 Pinned Layer
- 7 Antiferromagnetic Substance Layer
- 8 Closing-in Section
- 9 Lead Gap Layer
- 10 Magnetic-Shielding Layer
- 11 Aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC Substrate
- 12 Aluminum 2O<sub>3</sub> Film
- 13 Lower Shield Layer
- 14 Lower Lead Gap Layer
- 15 Ta Film
- 16 NiFe Free Layer
- 17 CoFe Free Layer
- 18 Cu Interlayer
- 19 CoFe Pinned Layer
- 20 PdPtMn Antiferromagnetic Substance Layer
- 21 Resist Pattern
- 22 Lamination Section
- 23 Resist Pattern
- 24 Lead Electrode
- 25 Up Lead Gap Layer
- 26 Up Shield Layer
- 27 Resist Pattern
- 28 Heap Up NiFe and it is Section.
- 29 Resist Pattern
- 30 PdPtMn Thick Section
- 31 PdPtMn Thin Film Section
- 32 CoFe Pinned Layer
- 33 Cu Interlayer
- 34 Free Layer
- 35 PdPtMn Antiferromagnetic Substance Layer
- 41 Aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC Substrate
- 42 Aluminum 2O<sub>3</sub> Film
- 43 Lower Shield Layer
- 44 Lower Lead Gap Layer
- 45 Free Layer
- 46 Cu Interlayer
- 47 Pinned Layer
- 48 Antiferromagnetic Substance Layer
- 49 Lead Electrode
- 50 Up Lead Gap Layer
- 51 Up Shield Layer
- 52 Antiferromagnetic Substance Layer
- 53 Pinned Layer



54 Cu Interlayer  
55 Magnetoresistance-Effect Element  
56 Magnetic-Recording Medium  
57 Record Bit

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-163717

(P2000-163717A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
H 0 1 F 10/32		H 0 1 F 10/08	A 5 E 0 4 9
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-332226

(22) 出願日 平成10年11月24日 (1998. 11. 24)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 岸 均

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 清水 豊

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100072833

弁理士 柏谷 昭司 (外2名)

最終頁に続く

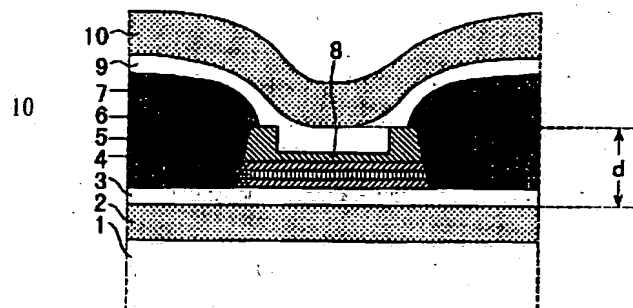
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子に関し、素子特性を劣化させることなく、リードギャップを狭ギャップ化する。

【解決手段】 少なくとも1層の反強磁性体層7を有し、任意の形状にパターンニングされた磁気抵抗効果膜4～7、及び、リードギャップ層3、9を介してこの磁気抵抗効果膜4～7の上下に設けた磁気シールド層2、10からなる磁気抵抗効果素子を構成する少なくとも1層の反強磁性体層7の一部に厚さが他の部分と異なる肉薄部8を設ける。

本発明の原理的構成の説明図



- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1: 基板       | 6: ピンド層     |
| 2: 磁気シールド層  | 7: 反強磁性体層   |
| 3: リードギャップ層 | 8: 肉薄部      |
| 4: フリー層     | 9: リードギャップ層 |
| 5: 非磁性層     | 10: 磁気シールド層 |

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1層の反強磁性体層を有し、任意の形状にパターンニングされた磁気抵抗効果膜、及び、リードギャップ層を介して前記磁気抵抗効果膜の上下に設けた磁気シールド層からなる磁気抵抗効果素子において、前記少なくとも1層の反強磁性体層の一部に厚さが他の部分と異なる肉薄部を設けたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 上記肉薄部が、磁気抵抗効果素子の信号読み取りに関与する部分に設けられたことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 上記磁気抵抗効果膜が、1層以上の磁性膜からなるフリー層、非磁性層、1層以上の磁性膜からなるピン層、及び、反強磁性体層を順次積層させた構造となっていることを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 上記磁気抵抗効果膜が、反強磁性体層、1層以上の磁性膜からなるピン層、非磁性層、1層以上の磁性膜からなるフリー層、非磁性層、1層以上の磁性膜からなるピン層、及び、反強磁性体層を順次積層させた構造となっていることを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気抵抗効果素子に関するものであり、特に、ハードディスクドライブ(HDD)等の磁気記録装置のリードヘッドに用いるスピンバルブ膜の薄層化のための構造に特徴のある磁気抵抗効果素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年のハードディスク装置の小型化、大容量化の需要の高まりに伴い、高密度磁気記録が可能なハードディスク装置の研究開発が急速に進められており、そのため、磁気記録装置を構成するリードヘッド素子に対しても高感度化・微細化が求められており、高感度化の点において、低磁界で大きな出力が得られる巨大磁気抵抗(GMR)効果を使用した磁気センサが開発されている。

【0003】 例えば、IBMにより「スピン・バルブ効果利用の磁気抵抗センサ(特開平4-358310号公報参照)」が提案されているが、この磁気センサは、非磁性金属層によって分離された2つの結合していない強磁性体層を備え、一方の強磁性体層にFeMnで代表される反強磁性体層を付着して強磁性体層の磁化Mが固定されているサンドイッチ構造となっており、記録媒体からの微小な磁界に対し高い磁気抵抗効果が得られるといった点において、従来のインダクティブヘッド若しくはAMR(Anisotropy Magneto-Resistance)膜より格段に優れており、高感度リードヘッド素子として用いられている。

## 2

【0004】 この磁気センサにおいて、磁気記録媒体等から外部磁場が印加されると、磁化が固定されていない他方の強磁性体層、即ち、フリー(free)層の磁化方向が外部磁場に一致して自由に回転するため、磁化が固定された強磁性体層、即ち、ピン(pinned)層の磁化方向と角度差を生ずることになる。

【0005】 この角度差に依存して伝導電子のスピンに依存した散乱が変化し、電気抵抗値が変化するので、この電気抵抗値の変化を定電流のセンス電流を流すことによって電圧値の変化として検出することによって、外部磁場の状況、即ち、磁気記録媒体からの信号磁場を取得するものであり、このスピンバルブ磁気抵抗センサの磁気抵抗変化率は約5%程度となる。

【0006】 この様なスピンバルブ磁気抵抗センサの効率を高めるための、同じくIBMにより「二重スピン・バルブ磁気抵抗センサ(特開平6-223336号公報参照)」が提案されており、このデュアル(二重)スピンバルブ磁気抵抗センサは、フリー層を中心に対称的にスピンバルブ構造を積層したものであり、この構成によって約2倍の磁気抵抗変化を得ている。

【0007】 特に、この様なデュアルスピンバルブ磁気抵抗センサの反強磁性体層として規則合金型であるPd・Pt・Mn合金を用いた場合(必要ならば、特願平8-257068号参照)には、従来の不規則合金型であるFeMnとは異なり、上下のどのピン層に対してもバイス磁界となる固定磁界を与えることができるため、信頼性の高いデュアル構造スピンバルブ磁気抵抗センサを容易に形成することができる。即ち、従来、反強磁性体層として用いて来たFeMnの場合には、fcc(面心立方晶)構造の膜の上に堆積した場合にしか反強磁性体とならないので、デュアルスピンバルブ磁気抵抗センサの上部ピン層として用いることができないという問題があった。

【0008】 ここで、図7を参照して、従来のスピンバルブ素子及びデュアルスピンバルブ素子を簡単に説明する。

図7(a) 参照

図7(a)は、従来のスピンバルブ素子の概略的要部断面図であり、まず、スライダの母体となる $Al_2O_3$ -TiC基板41上に、 $Al_2O_3$ 膜42を介してNiFe合金等からなる下部シールド層43を設け、次いで、 $Al_2O_3$ 等の下部リードギャップ層44を設けたのち、NiFe及びCoFeの積層構造等の強磁性層からなるフリー層45、非磁性層であるCu中間層46、CoFe等からなるピン層47、及び、PdPtMn等からなる反強磁性体層48を積層させて磁気抵抗効果素子となるスピンバルブ膜を形成する。

【0009】 次いで、磁気抵抗効果素子を所定の形状にパターンニングしたのち、磁気抵抗効果素子の両端にW或いはAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極49

3

とし、次いで、再び、 $Al_2O_3$ 等からなる上部リードギャップ層50を介してNiFe合金等からなる上部シールド層51を設けることにより、スピバルブ素子の基本構造が完成する。なお、この場合、第1の磁界を印加した状態で、フリー層45乃至反強磁性体層48を順次堆積させたのち、真空中で第1の磁界と直交する第2の磁界を印加した状態で熱処理を行って反強磁性体層48の磁化方向を決定することによって、磁気抵抗効果素子の基本構造を形成する。

【0010】このスピバルブ素子におけるリードギャップは、下部リードギャップ層43、フリー層45乃至反強磁性体層48、及び、上部リードギャップ層49の層厚を総計した間隔となる。

【0011】図7(b)参照

図7(b)は、従来のデュアルスピバルブ素子の概略的要部断面図であり、まず、スライダの母体となる $Al_2O_3-TiC$ 基板41上に、 $Al_2O_3$ 膜42を介してNiFe合金等からなる下部シールド層43を設け、次いで、 $Al_2O_3$ 等からなる下部リードギャップ層44を設けたのち、PdPtMn等の反強磁性体層52、CoFe等からなるピンド層53、Cu中間層54、NiFe及びCoFeの積層構造等のフリー層45、Cu中間層46、CoFe等からなるピンド層47、及び、PdPtMn等からなる反強磁性体層48を積層させて磁気抵抗効果素子となるデュアルスピバルブ膜を形成する。

【0012】次いで、磁気抵抗効果素子を所定の形状にパターンニングしたのち、磁気抵抗効果素子の両端にW或いはAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極49とし、次いで、再び、 $Al_2O_3$ 等からなる上部リードギャップ層50を介してNiFe合金等からなる上部シールド層51を設けることにより、デュアルスピバルブ素子の基本構造が完成する。なお、この場合も、第1の磁界を印加した状態で、反強磁性体層52乃至反強磁性体層48を順次堆積させたのち、真空中で第1の磁界と直交する第2の磁界を印加した状態で熱処理を行って反強磁性体層48、52の磁化方向を決定することによって、磁気抵抗効果素子の基本構造を形成する。

【0013】このデュアルスピバルブ素子におけるリードギャップは、下部リードギャップ層43、反強磁性体層52乃至反強磁性体層48、及び、上部リードギャップ層49の層厚を総計した間隔となる。

【0014】このようなスピバルブ素子においては、ピンド層47、53の磁化方向は、夫々反強磁性体層48、52の磁化方向に固定され、一方、フリー層45の磁化方向はピンド層47、53の磁化方向とほぼ直交した方向となり、1対のリード電極49間にセンス電流を流すことによって外部印加磁場、即ち、磁気記録媒体から漏れ出た磁場を測定するものである。

【0015】近年のコンピュータ用磁気記録ディスクの

4

記録容量は年間1.6倍ものスピードで高密度化が進んでおり、このような高密度化によって微細化した記録ビットから十分な信号再生出力を得るためには、リードトラック幅となる磁気抵抗効果素子幅の微細加工技術の然ることながら、読み取り信号のビット長を決定するリードギャップの狭ギャップ化も非常に重要になってきているので、この事情を図8を参照して説明する。

【0016】図8参照

図8は、磁気記録媒体56に対する上下の磁気シールド層の間隔d、即ち、リードギャップと記録密度との関係の説明図であり、下部シールド層43と上部シールド層49とに挟持された磁気抵抗効果素子55は、対向する磁気記録媒体56に記録されたビット長 $L_b$ の記録ビット57を順次読み取ることになるが、リードギャップdが記録ビット57のビット長 $L_b$ に対して広くなりすぎると、読取対象の記録ビット57以外の隣接する記録ビット57の磁界の影響を受け、位置分解能が低下するので、読取対象の記録ビット57以外の隣接する記録ビット57の磁界が下部シールド層43及び上部シールド層49によって吸収されるように、リードギャップdは、ビット長 $L_b$ の2倍以下になるよう、即ち、 $d \leq 2L_b$ に調整されている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかし、近年のマルチメディア化の進展に伴い、磁気ディスク装置のさらなる高密度化が要請され、高密度化に伴って記録ビット57のビット長 $L_b$ がさらに微細化した場合には、リードギャップdもさらに狭くする必要が生じ、そのためには、下部リードギャップ層43及び上部リードギャップ49を薄層化するか、或いは、磁気抵抗効果素子55自体を薄層化することが必要になる。

【0018】しかし、下部リードギャップ層43及び上部リードギャップ49を薄層化した場合、リードギャップ層の絶縁耐圧が問題となり、リードギャップ層の薄膜化には限界がある。

【0019】一方、磁気抵抗効果素子55を薄層化する場合、相対的層厚が一番厚い反強磁性体層48、52の薄膜化が最も効果的ではあるが、反強磁性体層48、52の層厚を薄くすると、ピンド層47、53の磁化方向の固定力が弱くなり、素子特性の劣化、特に、磁場検出感度の低下が問題となる。

【0020】したがって、本発明は、素子特性を劣化させることなく、リードギャップを狭ギャップ化することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1は、スピバルブ素子の概略的要部断面図である。

図1参照

5

(1) 本発明は、少なくとも1層の反強磁性体層7を有し、任意の形状にパターンニングされた磁気抵抗効果膜4～7、及び、リードギャップ層3、9を介して磁気抵抗効果膜4～7の上下に設けた磁気シールド層2、10からなる磁気抵抗効果素子において、少なくとも1層の反強磁性体層7の一部に厚さが他の部分と異なる肉薄部8を設けたことを特徴とする。

【0022】この様に、少なくとも1層の反強磁性体層7の一部に厚さが他の部分と異なる肉薄部8を設けることによって、ピン層6に対する固定磁力を低減することなく、反強磁性体層7の厚さを実効的に薄くすることができる。

【0023】(2) また、本発明は、上記(1)において、肉薄部8が、磁気抵抗効果素子の信号読み取りに関与する部分に設けたことを特徴とする。

【0024】この様に、肉薄部8を磁気抵抗効果素子の信号読み取りに関与する部分に設けることによって、ピン層6に対する固定磁力を低減することなく、リードギャップdを狭くすることができ、それによって、高密度記録された磁気記録媒体からの読取感度を向上することができる。

【0025】(3) また、本発明は、上記(2)において、磁気抵抗効果膜4～7が、1層以上の磁性膜からなるフリー層4、非磁性層5、1層以上の磁性膜からなるピン層6、及び、反強磁性体層7を順次積層させた構造となっていることを特徴とする。

【0026】上記の(2)の構成は、磁気抵抗効果膜4～7が、1層以上の磁性膜からなるフリー層4、非磁性層5、1層以上の磁性膜からなるピン層6、及び、反強磁性体層7を順次積層させた構造からなるシングルスピナルバルブ素子に適用することによって、シングルスピナルバルブ素子の読取感度を向上することができる。なお、反強磁性体層7は、基板1側に設けても良いし、或いは、磁気抵抗効果膜4～7の最上部としても良いものである。

【0027】(4) また、本発明は、上記(2)において、磁気抵抗効果膜が、反強磁性体層、1層以上の磁性膜からなるピン層、非磁性層、1層以上の磁性膜からなるフリー層4、非磁性層5、1層以上の磁性膜からなるピン層6、及び、反強磁性体層7を順次積層させた構造となっていることを特徴とする。

【0028】上記の(2)の構成は、磁気抵抗効果膜が、反強磁性体層、1層以上の磁性膜からなるピン層、非磁性層、1層以上の磁性膜からなるフリー層4、非磁性層5、1層以上の磁性膜からなるピン層6、及び、反強磁性体層7を順次積層させた構造からなるデュアルスピナルバルブ素子に適用することによって、デュアルスピナルバルブ素子の読取感度を向上することができる。なお、肉薄部8は、基板1側の反強磁性体層、或いは、磁気抵抗効果膜の最上部の反強磁性体層7の少なく

6

とも一方に設ければ良いものであり、両方に設けた場合に、狭リードギャップ化の効果が最大となる。

【0029】

【発明の実施の形態】ここで、図2及び図3を参照して、本発明の第1の実施の形態のスピナルバルブ素子の製造工程を説明する。

図2(a) 参照

まず、 $Al_2O_3-TiC$ 基板11上にスパッタリング法を厚さ $2\mu m$ の $Al_2O_3$ 膜12を堆積させたのち、選択電解メッキ法を用いて、 $1000e$ の磁界を印加しながら、厚さが、例えば、 $3\mu m$ の $NiFe$ 膜を形成して下部シールド層13とし、次いで、スパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、 $500\text{\AA}$ ( $=50\text{nm}$ )の $Al_2O_3$ 膜を堆積させて下部リードギャップ層14とする。

【0030】次いで、スピナルバルブ膜として、 $300e$ の磁界を印加しながらスパッタリング法を用いて、下地層となる厚さが、例えば、 $50\text{\AA}$ の $Ta$ 膜15を形成したのち、厚さが、例えば、 $40\text{\AA}$ の $NiFe$ フリー層16、厚さが、例えば、 $25\text{\AA}$ の $CoFe$ フリー層17、厚さが、例えば、 $25\text{\AA}$ の $Cu$ 中間層18、厚さが、例えば、 $25\text{\AA}$ の $CoFe$ ピン層19、及び、厚さが $100\sim 300\text{\AA}$ 、例えば、 $250\text{\AA}$ の $PdPtMn$ 反強磁性体層20を順次積層させる。なお、この場合の $NiFe$ の組成は、例えば、 $Ni_{81}Fe_{19}$ であり、 $CoFe$ の組成は、例えば、 $Co_{90}Fe_{10}$ であり、また、 $PdPtMn$ の組成は、例えば、 $Pd_{31}Pt_{17}Mn_{52}$ である。

【0031】次いで、 $CoFe$ ピン層19の磁化方向を固定するために、成膜時に印加した磁界と直交する方向の $100\text{kA/m}$ の直流磁場を印加しながら、真空中で $230^\circ\text{C}$ で1～3時間の熱処理を行うことによって $PdPtMn$ 反強磁性体層20の磁化方向を印加した直流磁場の方向とする。なお、この場合、 $230^\circ\text{C}$ の熱処理工程において、 $Cu$ 中間層18を構成する $Cu$ と $NiFe$ フリー層16との間の相互拡散が生じないように、両者の間にバリア層となる $CoFe$ フリー層17を設けてフリー層を2層構造としている。

【0032】図2(b) 参照

次いで、レジストパターン21をマスクとして $Ar$ イオンを用いたイオンミリングを施すことによって、 $PdPtMn$ 反強磁性体層20の読取領域となる部分のみを $20\sim 100\text{\AA}$ 、例えば、 $50\text{\AA}$ 残すようにエッチングして、厚さが、例えば、 $50\text{\AA}$ の薄層化部22を形成する。

【0033】図3(c) 参照

次いで、レジストパターン21を除去したのち、新たにフォトリソを塗布し、パターンニングすることによって形成したレジストパターン23をマスクとして $Ar$ イオンを用いたイオンミリングを施すことによって、 $PdPtMn$ 反強磁性体層20乃至 $Ta$ 膜15を選択エッチ



7

ングすることによって素子形状に整形する。

【0034】図3(d)参照

次いで、レジストパターン23を除去したのち、レジストパターン(図示せず)を用いたリフトオフ法によって厚さが、例えば、1200ÅのW膜を堆積することによって、1対のリード電極24を形成し、次いで、再び、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、500Åの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を堆積させて、上部リードギャップ層2

$$d = 500 + 50 + 40 + 25 + 25 + 25 + 50 + 500 \\ = 1215 \text{ (Å)}$$

となり、薄層化部22を設けない場合の1415Åに比べて約15%程度の狭ギャップ化が可能になる。

【0036】この様に、PdPtMn反強磁性体層20の読取領域に薄層化部22を設けた場合、CoFeピンド層19の薄層化部22に対応する領域の直接的な磁化方向固定力は弱まるものの、読み取りには関与しない十分な厚さを有するPdPtMn反強磁性体層20の両端によりバイアスされたCoFeピンド層19の両端に作用する磁化方向固定力によりCoFeピンド層19の中央部の磁化方向固定力も補われるので、特性が劣化することがない。

【0037】次に、図4及び図5を参照して、本発明の第2の実施の形態のデュアルスピンバルブ素子の製造工程を説明する。

図4(a)参照

まず、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC基板11上にスパッタリング法を厚さ2μmの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜12を堆積させたのち、選択電解メッキ法を用いて、100Oeの磁界を印加しながら、厚さが、例えば、3μmのNiFe膜を形成して下部シールド層13としたのち、再び、レジストパターン27をマスクとした選択電解メッキ法を用いて、100Oeの磁界を印加しながら、厚さが、例えば、200Åで、幅が0.5μmのNiFe盛り上げ部28を形成する。

【0038】図4(b)参照

次いで、レジストパターン27を除去したのち、スパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、500Åの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を堆積させて下部リードギャップ層14とし、次いで、レジストパターン29を設けたのち、30Oeの磁界を印加しながらスパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、200ÅのPdPtMn膜を堆積させて、NeFe盛り上げ部28による段差を埋め込むPdPtMn肉厚部30を形成する。

【0039】図4(c)参照

次いで、レジストパターン29を除去することによって、レジストパターン29上に堆積したPdPtMn膜(図示せず)も同時に除去したのち、再び、30Oeの磁界を印加しながらスパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、50ÅのPdPtMn薄膜部31、厚さが、例えば、25ÅのCoFeピンド層32、厚さが、

8

5とし、次いで、選択電解メッキ法によって、厚さが、例えば、3.8μmのNiFe膜を成膜して上部シールド層26とすることによってシングルスピンバルブ素子の基本構成が完成する。

【0035】この場合のリードギャップdは、薄層化部22を設けた位置における下部シールド層13と上部シールド層26との間の間隔となり、したがって、

例えば、25ÅのCu中間層33、厚さが、例えば、25ÅのCoFe膜/20ÅのNiFe膜/25ÅのCoFeからなる3層構造のフリー層34、厚さが、例えば、25ÅのCu中間層18、厚さが、例えば、25ÅのCoFeピンド層19、及び、厚さが100~300Å、例えば、250ÅのPdPtMn反強磁性体層20を順次積層させる。なお、この場合も、NiFeの組成は、例えば、 $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ であり、CoFeの組成は、例えば、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ であり、また、PdPtMnの組成は、例えば、 $\text{Pd}_{31}\text{Pt}_{17}\text{Mn}_{52}$ である。

【0040】次いで、CoFeピンド層19、32の磁化方向を固定するために、成膜時に印加した磁界と直交する方向の100kA/mの直流磁場を印加しながら、真空中で230℃で1~3時間の熱処理を行うことによってPdPtMn反強磁性体層20、PdPtMn肉厚部30、及び、PdPtMn薄膜部31の磁化方向を印加した直流磁場の方向とする。なお、この場合も、230℃の熱処理工程において、Cu中間層18、33を構成するCuとフリー層34を構成するNiFeとの間の相互拡散が生じないように、Cu中間層18、33とNiFe膜との間にバリア層となるCoFe膜を設けてフリー層34を3層構造としている。

【0041】図5(d)参照

次いで、上記の第1の実施の形態における図2(b)以降の工程と同様に、レジストパターン(図示せず)をマスクとしてArイオンを用いたイオンミリングを施すことによって、PdPtMn反強磁性体層20の読取領域となる部分のみを20~100Å、例えば、50Å残すようにエッチングして、厚さが、例えば、50Åの薄層化部22を形成する。

【0042】次いで、レジストパターンを除去したのち、新たにフォトリソを塗布し、パターニングすることによって形成したレジストパターン(図示せず)をマスクとしてArイオンを用いたイオンミリングを施すことによって、PdPtMn反強磁性体層20乃至PdPtMn肉厚部30を選択エッチングすることによって素子形状に整形する。

【0043】次いで、レジストパターンを除去したのち、再び、レジストパターン(図示せず)を用いたリフトオフ法によって厚さが、例えば、1200ÅのW膜を

9

堆積することによって、1対のリード電極24を形成し、次いで、再び、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、500Åの $Al_2O_3$ 膜を堆積させて、上部リードギャップ層25とし、次いで、選択電解メッキ法によって、厚さが、例えば、3.8μmのNiFe膜を成膜して上部シールド層26とすることによってデュアルスピバルブ素子の基本構成が完成する。

【0044】この場合のリードギャップdは、薄層化部22及びNiFe盛り上げ部28を設けた位置における下部シールド層13と上部シールド層26との間の間隔となり、したがって、 $d=500+50+25+25+25+20+25+25+25+50+500=1270$ (Å)となり、薄層化部22及びNiFe盛り上げ部28を設けない場合の1670Åに比べて約2.4%程度の狭ギャップ化が可能になる。

【0045】この場合も、PdPtMn反強磁性体層20の読取領域に薄層化部22を設けた場合、CoFeピンド層19の薄層化部22に対応する領域の直接的な磁化方向固定力は弱まるものの、読み取りには関与しない十分な厚さを有するPdPtMn反強磁性体層20の両端によりバイアスされたCoFeピンド層19の両端に作用する磁化方向固定力によりCoFeピンド層19の中央部の磁化方向固定力も補われ、また、CoFeピンド層32に対しても、読み取りには関与しない十分な厚さを有するPdPtMn肉厚部30によりバイアスされたCoFeピンド層32の両端に作用する磁化方向固定力によりCoFeピンド層32の中央部の磁化方向固定力も補われるので、特性が劣化することがない。

【0046】次に、図6を参照して、本発明の第1及び第2の実施の形態の変形例の説明する。

図6(a)参照

図6(a)は、本発明の第1の実施の形態の変形例であり、図に示すように、反強磁性体層を基板側に設けたスピバルブに対して肉厚部を設けたものであり、このような構造を形成するためには、上記の第2の実施の形態における図3(a)～図3(b)におけるNiFe盛り上げ部28及びPdPtMn肉厚部30の形成工程をそのまま用いれば良いものであり、得られる狭リードギャップ化の効果は上記の第1の実施の形態と同様である。

【0047】この第1の実施の形態の変形例の場合には、第1の実施の形態よりも製造工程が複雑化するが、表面を平坦化することができるので、上部シールド層26上に、上部シールド層26を下部磁極層とするインダクティブヘッドを設けて複合型磁気ヘッドを構成する場合に、インダクティブヘッドのパターニングを精度良く行うことができる。

【0048】図6(b)参照

図6(b)は、本発明の第2の実施の形態の変形例であり、図に示すように、NiFe盛り上げ部28を設けることなく、下部リードギャップ層14上に厚さが、例え

10

ば250ÅのPdPtMn反強磁性体層35を堆積させたのち、CoFeピンド層32の堆積工程以降の工程は、上記の第2の実施の形態と全く同様にすれば良いものである。

【0049】この、第2の実施の形態の変形例の場合には、第2の実施の形態よりも製造工程が簡素化するが、狭リードギャップ化の効果は、第2の実施の形態の半分となる。

【0050】なお、図示は省略するが、デュアルスピバルブ素子を構成するPdPtMn反強磁性体層の一方にのみ肉厚部を設ける場合には、図6(b)の場合とは反対に、基板側に設けたPdPtMn反強磁性体層に設けても良いものであり、その場合には、上述の図4

(c)の工程まで同様に形成したのち、薄層化部22を設けることなく、リード電極24、上部リードギャップ層25、及び、上部シールド層26を設ければ良いものである。

【0051】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載した構成に限られるものではなく、各種の変更が可能である。例えば、上記の各実施の形態の説明においては、反強磁性体層としてMn系規則合金型反強磁性材料であるPdPtMnを用いているが、必ずしも、Mn系規則合金型反強磁性材料である必要はなく、例えば、Mn系不規則合金型反強磁性材料であるIrMnを用いても良いものであり、その場合には、堆積したIrMnが反強磁性特性を有するように、下地層の結晶構造を考慮する必要がある。

【0052】また、上記の各実施の形態においては、NiFe、CoFe、及び、PdPtMnとして、夫々、 $Ni_{81}Fe_{19}$ 、 $Co_{90}Fe_{10}$ 、及び、 $Pd_{31}Pt_{17}Mn_{52}$ を用いているが、このような組成比に限られるものではなく、必要とする磁気特性及び加工特性等に応じて適宜組成比を選択すれば良いものである。

【0053】また、上記の本発明の各実施の形態の説明においては、基板として $Al_2O_3-TiC$ 基板を用いているが、表面に $SiO_2$ 膜を形成したSi基板或いはガラス基板等の基板を用いても良いものであり、また、強磁性体及び反強磁性体としても、実施の形態に記載した以外の通常に用いられている強磁性体及び反強磁性体を用いても良いものである。

【0054】また、上記の第2の実施の形態の説明においては、NiFe盛り上げ部28を形成する際に、選択電解メッキ法を用いているが、選択電解メッキ法に限られるものではなく、例えば、厚めに堆積させた下部シールド層をレジストパターンをマスクとしてArイオンを用いたイオンミリングにより周囲をエッチングすることによって凸状構造体を形成しても良いものである。

【0055】また、上記の第2の実施の形態の説明においては、PdPtMn肉厚部30をリフトオフ法により形成しているが、リフトオフ法に限られるものではな

## II

く、PdPtMn膜を表面が略平坦になるように厚く形成し、エッチバック或いはCMP (Chemical Mechanical Polishing) 加工を行うことによって形成しても良く、さらには、エッチバック或いはCMP工程を途中でやめて、厚さが50 Å程度のPdPtMn薄膜部が残るようにしても良いものである。

## 【0056】

【発明の効果】本発明によれば、スピンバルブ膜を構成する反強磁性体層の読取領域に対応する部分の層厚を他の部分に比べて薄くしているので、磁気特性を劣化することなく実効的なリードギャップを狭くすることができ、それによって、磁気抵抗効果素子を用いたMRヘッドの位置分解能を向上することができ、ひいては、高記録密度のHDD装置の普及に寄与するところが大い。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態のスピンバルブ素子の途中までの製造工程の説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態のスピンバルブ素子の図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態のデュアルスピンバルブ素子の途中までの製造工程の説明図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態のデュアルスピンバルブ素子の図4以降の製造工程の説明図である。

【図6】本発明の第1及び第2の実施の形態の変形例の説明図である。

【図7】従来のスピンバルブ素子の説明図である。

【図8】リードギャップと記録密度の関係の説明図である。

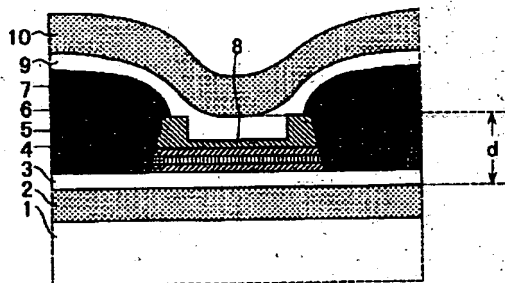
## 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 磁気シールド層
- 3 リードギャップ層
- 4 フリー層
- 5 非磁性層
- 6 ビンド層
- 7 反強磁性体層
- 8 肉薄部
- 9 リードギャップ層
- 10 磁気シールド層
- 11  $Al_2O_3-TiC$  基板

- 12  $Al_2O_3$  膜
- 13 下部シールド層
- 14 下部リードギャップ層
- 15 Ta膜
- 16 NiFeフリー層
- 17 CoFeフリー層
- 18 Cu中間層
- 19 CoFeビンド層
- 20 PdPtMn反強磁性体層
- 21 レジストパターン
- 22 薄層化部
- 23 レジストパターン
- 24 リード電極
- 25 上部リードギャップ層
- 26 上部シールド層
- 27 レジストパターン
- 28 NiFe盛り上げ部
- 29 レジストパターン
- 30 PdPtMn肉厚部
- 31 PdPtMn薄膜部
- 32 CoFeビンド層
- 33 Cu中間層
- 34 フリー層
- 35 PdPtMn反強磁性体層
- 41  $Al_2O_3-TiC$  基板
- 42  $Al_2O_3$  膜
- 43 下部シールド層
- 44 下部リードギャップ層
- 45 フリー層
- 46 Cu中間層
- 47 ビンド層
- 48 反強磁性体層
- 49 リード電極
- 50 上部リードギャップ層
- 51 上部シールド層
- 52 反強磁性体層
- 53 ビンド層
- 54 Cu中間層
- 55 磁気抵抗効果素子
- 56 磁気記録媒体
- 57 記録ビット

【図1】

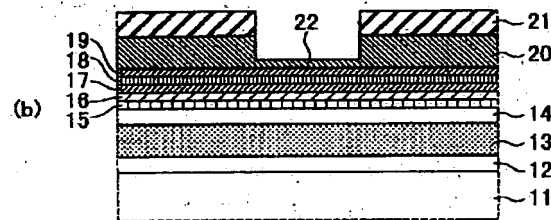
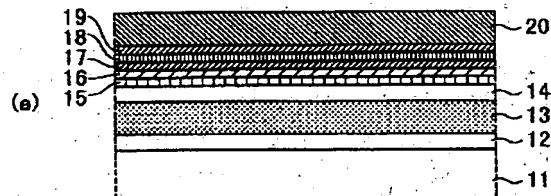
本発明の原理的構成の説明図



- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1: 基板       | 6: ビンド層     |
| 2: 磁気シールド層  | 7: 反強磁性体層   |
| 3: リードギャップ層 | 8: 肉厚部      |
| 4: フリー層     | 9: リードギャップ層 |
| 5: 非磁性層     | 10: 磁気シールド層 |

【図2】

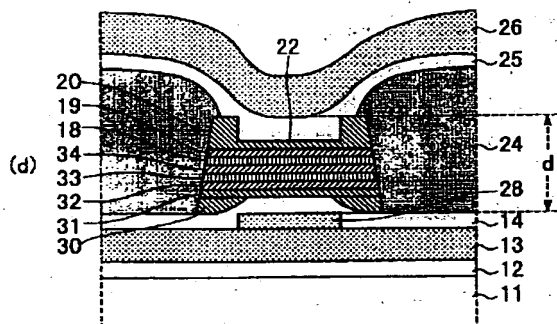
本発明の第1の実施の形態のスピナバルブ素子の途中までの製造工程の説明図



- |   |                  |
|---|------------------|
| 11: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 基板 | 17: CoFeフリー層     |
| 12: $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜             | 18: Cu中間層        |
| 13: 下部シールド層                               | 19: CoFeビンド層     |
| 14: 下部リードギャップ層                            | 20: PdPtMn反強磁性体層 |
| 15: Ta膜                                   | 21: レジストパターン     |
| 16: NiFeフリー層                              | 22: 薄層化部         |

【図5】

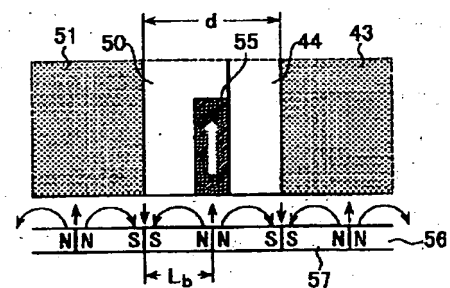
本発明の第2の実施の形態のデュアルスピナバルブ素子の図4以降の製造工程の説明図



- |   |                |
|---|----------------|
| 11: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 基板 | 24: リード電極      |
| 12: $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜             | 25: 上部リードギャップ層 |
| 13: 下部シールド層                               | 26: 上部シールド層    |
| 14: 下部リードギャップ層                            | 28: NiFe鍍り上げ部  |
| 18: Cu中間層                                 | 30: PdPtMn肉厚部  |
| 19: CoFeビンド層                              | 31: PdPtMn薄膜部  |
| 20: PdPtMn反強磁性体層                          | 32: CoFeビンド層   |
| 22: 薄層化部                                  | 33: Cu中間層      |
|   | 34: フリー層       |

【図8】

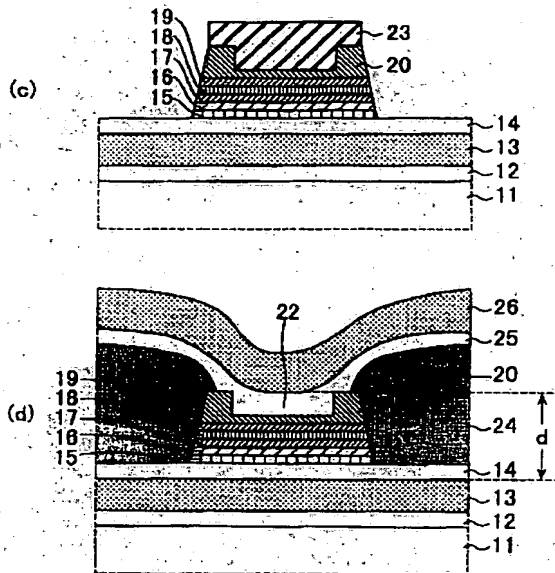
リードギャップと記録密度の関係の説明図



- |                |              |
|----------------|--------------|
| 43: 下部シールド層    | 55: 磁気抵抗効果素子 |
| 44: 下部リードギャップ層 | 56: 磁気記録媒体   |
| 50: 上部リードギャップ層 | 57: 記録ビット    |
| 51: 上部シールド層    |              |

【図3】

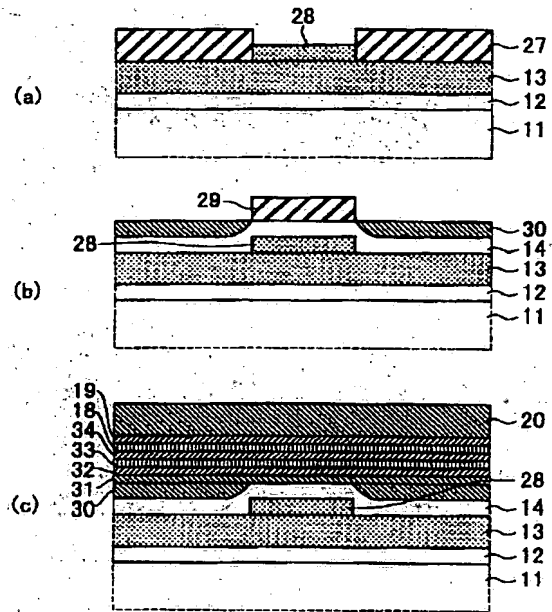
本発明の第1の実施の形態のスピンバルブ素子の  
図2以降の製造工程の説明図



11:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC基板 16: NiFeフリー層 22: 障層化部  
12:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜 17: CoFeフリー層 23: レジストパターン  
13: 下部シールド層 18: Cu中間層 24: リード電極  
14: 下部リードギャップ層 19: CoFeビンド層 25: 上部リードギャップ層  
15: Ta膜 20: PdPtMn反強磁性体層 26: 上部シールド層

【図4】

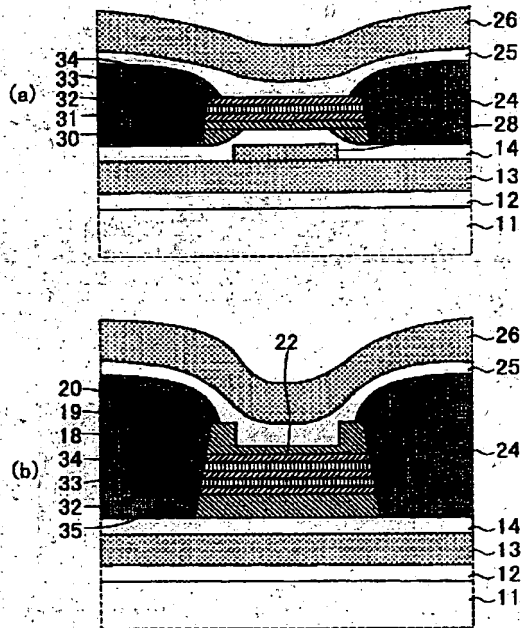
本発明の第2の実施の形態のデュアルスピンバルブ素子の  
途中までの製造工程の説明図



11:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC基板 19: CoFeビンド層 30: PdPtMn肉厚部  
12:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜 20: PdPtMn反強磁性体層 31: PdPtMn障層部  
13: 下部シールド層 27: レジストパターン 32: CoFeビンド層  
14: 下部リードギャップ層 28: NiFe盛り上げ部 33: Cu中間層  
18: Cu中間層 29: レジストパターン 34: フリー層

【図6】

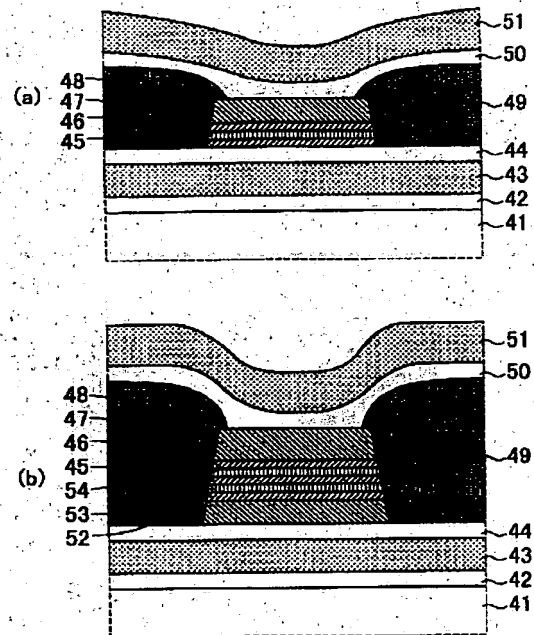
本発明の第1及び第2の実施の形態の変形例の説明図



11:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC基板 22: 薄層化部 32: CoFeピンド層  
 12:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜 24: リード電極 33: Cu中間層  
 13: 下部シールド層 25: 上部リードギャップ層 34: フリー層  
 14: 下部リードギャップ層 26: 上部シールド層 35: PdPtMn  
 18: Cu中間層 28: NiFe盛り上げ部 反強磁性体層  
 19: CoFeピンド層 30: PdPtMn  
 20: PdPtMn 盛り上げ部  
 反強磁性体層 31: PdPtMn薄膜部

【図7】

従来のスピナルバルブ素子の説明図



41:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC基板 46: Cu中間層 51: 上部シールド層  
 42:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜 47: ピンド層 52: 反強磁性体層  
 43: 下部シールド層 48: 反強磁性体層 53: ピンド層  
 44: 下部リードギャップ層 49: リード電極 54: Cu中間層  
 45: フリー層 50: 上部リード  
 ギャップ層

フロントページの続き

(72) 発明者 長坂 恵一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 田中 厚志

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA05 BA15 BB08 CA06 CA08  
 5E049 AA04 AA07 AA09 AC00 AC05  
 BA12 BA16 CB01 CC01 DB04  
 DB12 EB01 GC01